



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 23 302 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 K 1/27**

②① Aktenzeichen: 197 23 302.3  
②② Anmeldetag: 4. 6. 97  
④③ Offenlegungstag: 10. 12. 98

DE 197 23 302 A 1

⑦① Anmelder:  
Born sen., Rainer, 58455 Witten, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE-AS 11 20 573  
DE-GM 18 48 663  
DD 2 43 594 A1  
US 47 00 096

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Permanentmagnetsystem mit Reluktanzunterstützung für Läufer von elektrischen Maschinen
- ⑤⑦ Läufer für elektrische Maschinen mit einem reluktanzunterstützten Permanentmagnetsystem, in dem die Magnete die Nute eingelegt sind und die Feldlinien aus den Polflächen in tangentialer Richtung austreten.

DE 197 23 302 A 1

Die Erfindung betrifft Läufer von elektrischen Maschinen mit einem Erregersystem aus Permanentmagneten.

Nach dem Stand der Technik werden bei elektrischen Maschinen im mittleren und höheren Leistungsbereich Dauermagnete durch Klebeverbindungen oder Klammern aus antimagnetischem Material auf dem Umfang des Läufers befestigt. Bei kleineren Maschinen z. B. Schrittmotoren ist eine Vielzahl von Lösungen bekannt, auf die hier aus Übersichtsgründen nicht eingegangen werden kann.

Die Magnetisierungsachse der Magnete verläuft bei den Eingangs erwähnten Maschinen parallel zum Radius des Läufers. Kennzeichnendes Merkmal ist dabei, daß nur die äußere also eine Seite der Magnete über den Luftspalt zwischen Ständer wirksame Arbeit verrichtet. Nachteil dieser Anordnung ist die Befestigungsart mit eingeschränkter Stabilität, die keine extrem hohen Winkelgeschwindigkeiten erlaubt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Magnetsystem für Läufer zur Verfügung zu stellen,

- das durch die Befestigungsart Zugbelastungen der Permanentmagnete ausschließt und damit sehr hohe Winkelgeschwindigkeiten zuläßt
- das beide Polflächen der Magnete nutzt und damit auch die Verwendung von kostengünstigen Hartferriten für leistungsoptimierte Maschinen ermöglicht.
- das die Energie der magnetischen Trägheit des Eisens (Reluktanz) nutzt.

Zu diesem Zweck ist erfindungsgemäß nach Anspruch 1 vorgesehen, den Eisenkern des Läufers, massiv oder aus Blechen, so mit Nuten zu versehen, daß mit der verbleibenden Eisenmasse Pole (2) gebildet werden, die sich in Richtung des äußeren Läuferumfangs keilförmig verbreitern und durch Stege (5) mit dem inneren Rückführungsjoch (7) verbunden sind.

In die Nute werden Dauermagnete eingeschoben, deren Pole auf die geraden Kanten der Eisenpole wirken in der Art, daß immer eine Fläche von zwei Magnete mit gleicher Polarität auf einem Eisenpol (2) wirken. Durch den Winkel der Polflächen zueinander richten sich die Feldlinien zum Außenrand der Eisenpole aus.

Dieses Magnetsystem hat folgende Eigenschaften:

1. Magnetische Gegenfelder mit einem Entmagnetisierungspotential für die Dauermagnete werden durch die Eisen-Reluktanz abgeschwächt. Ist die Energiedichte der Gegenfelder, z. B. durch Kurzschluß oder Überlastung größer als die der Reluktanz und die der Felder aus den Dauermagneten erfolgt ein Polaritätswechsel im Eisen, deren Energie zu wesentlichen Teilen über den Steg -5- kurzgeschlossen wird. Letzteres setzt voraus, daß für den Eisenkern Bleche verwendet werden, um die bei dem Polaritätswechsel auftretende Wirbelströme zu reduzieren. Die Wirkung der Reluktanz folgt dem Verhältnis von Eisenlänge zu dem Produkt aus der Permeabilität und der Grundfläche. Da sowohl die Permeabilität als auch die geometrische Form der Eisenpole -2- einflußbare Faktoren sind, kann durch konstruktive Maßnahmen auch bei Magnete aus AlNiCo-Legierungen mit einer um den Faktor von ca. 4 geringeren Koerzitivfeldstärke als Hartferrite ein sehr enger Luftspalt zwischen Läufer und Ständer realisiert werden.

Kleine Luftspalte verbessern den Wirkungsgrad bei Mo-

toren und die Leistungsdichte bei Generatoren.

2. Magnetfelder mit gleicher Polarität, die mit höherer Energiedichte als die der Dauermagnete über den Luftspalt auf die Eisenpole wirken, steigern die magnetische Flußdichte im Eisen mit dem Rückfluß über die Stege -5- entsprechend der angedeuteten Feldlinien -4-. Diese nutzbare Energie entspricht wieder der Reluktanz mit umgekehrten Vorzeichen und kann durch die Breite der Stege und Materialauswahl konstruktiv beeinflusst werden. Bei Generatoren stabilisiert dieser Effekt bei unterschiedlicher Amperebelastung die Spannung in einem von der Stegbreite -5- abhängigen Bereich. Gleiche Induktionsfrequenz vorausgesetzt. Bei Motoren erweitert dieser Effekt die maximale Drehmomentkurve.

Der erfindungsgemäße Läufer typ kann für alle Synchronmotoren und -generatoren genutzt werden, bei denen schon nach dem Stand der Technik Erregfelder durch Dauermagnete vom Läufer her aufgebaut werden. Die Rotationsfestigkeit und die günstigen Herstellungskosten des Läufers nach Anspruch 1 erschließt auch neue Anwendungsbereiche z. B. für die Nutzung in Drehstromlichtmaschinen oder für hochtourige Elektromotoren im zweistelligen kW-Leistungsbereich.

Als Energiedichte kann immer das 1,5fache gegenüber Systemen mit am Umfang befestigte Magnete erreicht werden. Dieser Faktor wird wesentlich beeinflusst durch das Verhältnis von Polteilung zum Durchmesser des Läufers. Daraus folgert, daß der größte Faktor bei Einphasenmaschinen und Nutzung von Dauermagneten nach Fig. 2 erreicht wird.

Mit dem Faktor von 1,5 und höher sind Energiedichten mit Hartferrite möglich, die der Energiedichte bei am äußeren Umfang befestigten kunststoffgebundenen Seltenerdenmagnete entsprechen.

Daraus, sowie aus der Rotationsfestigkeit und dem einfachen Herstellverfahren ergeben sich die Vorteile des Magnetsystems nach Anspruch 1.

Wenn die Leistungsdichte der Maschinen eine höhere Priorität hat als die Materialkosten der Magnetwerkstoffe, können selbstredend auch AlNiCo oder Seltenerdenmagnete genutzt werden. Als Vorteil verbleibt die Rotationsfestigkeit und das einfache Herstellverfahren.

Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung wiedergegeben sind; es zeigt

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen achtpoligen Läufer einer Drehstromlichtmaschine als Beispiel. Die Nutbreite und Länge ist ausgerichtet auf die erforderlichen Dimensionen für Aufnahme von Hartferrite als Dauermagnete (1). Die Magnete in Form von Blöcken werden voll magnetisiert in die Nute eingeschoben und durch Lack oder Klebe gegen axialen Versatz gesichert.

Dabei muß sichergestellt sein, daß jeweils zwei Flächen mit gleicher Polarität auf einem Eisenpol (2) wirken. Die magnetisch wirksame Eisenkörper mit den Polen (2) ist aus Dynamoblechen zusammengefügt auf der Antriebswelle (3) aufgepreßt. Die als Beispiel punktiert angedeuteten Feldlinien (4) zeigen den Verlauf in einem geringfügigen Belastungszustand. (Ohne Feldverschiebungen). Der Boden der Nute ist kreisförmig ausgebildet, um den Magnetflußweg von möglichen Streufeldern zu vergrößern. Verluste durch Streufelder im Bereich des Steges (5) sind dabei wesentlich abhängig von dem theoretischen Winkel (6) der aufeinander wirkenden Feldlinien und der Stegbreite (5). Größere Polteilungen erfordern deshalb verjüngte Stege (5), was durch

eine Verlängerung der Nute und Magnete in radialer Richtung möglich ist. Letzteres reduziert jedoch den Reluktanzeffekt und ist auch aus Stabilitätsgründen nicht beliebig erweiterbar. Ab einer gewissen Grenze der Polteilung müssen Magnete verwendet werden, deren Feldlinien in einem spitzeren Winkel als  $90^\circ$  aus der Polfläche austreten in Richtung des Läuferumfangs.

**Fig. 2** eine Magnet aus anisotropem Werkstoff der aus zwei Einzelteilen (8) und (9) zusammengesetzt ist, bei dem die wirksamen Feldlinien (10) und (11) in einem spitzeren Winkel als  $90^\circ$  zu Oberfläche austreten. Die Einzelteile werden in dem gewünschten Austrittswinkel zur Vorzugsrichtung schräg aus einem Rohling ausgeschnitten und in den Vorzugsrichtungen (10) und (11) magnetisiert. Realisierbar ist dies mit allen anisotropen Magnetwerkstoffen. (Hatferrit, AlNiCo und Seltenerden). Die direkte Magnetisierung eines einzigen Blocks mit der angedeuteten Austrittsrichtung ist nicht möglich.

## Patentansprüche

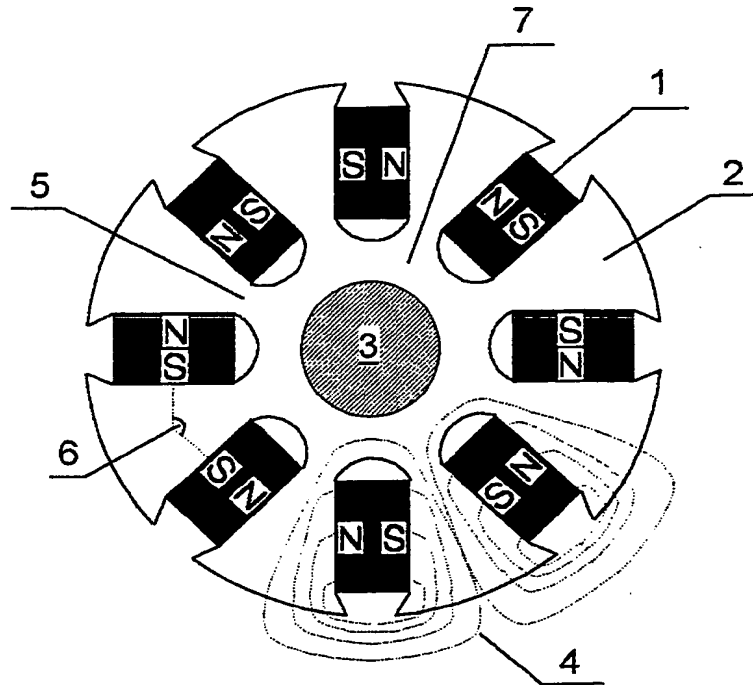
1. Läufer für eine elektrische Maschine mit einem Erregersystem aus Permanentmagnete **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Nute Eisenpole (2) gebildet werden, die sich zum äußeren Umfang des Läufers keilförmig erweitern und durch Stege (5) mit dem inneren Rückführungsjoch verbunden sind, und das Dauermagnete (1) in die Nute eingeschoben werden, die so magnetisiert sind oder werden, daß immer zwei Flächen mit gleicher Polarität auf einen Eisenpol (2) wirken.
2. Läufer für eine elektrische Maschine nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß anisotrope Dauermagnete verwendet werden, die aus zwei Einzelteilen (8) und (9) so zusammengesetzt sind, daß die austretenden Feldlinien (10) und (11) an den Polflächen spiegelbildlich in die gleiche Richtung weisen in einem Winkel, der ungleich  $90^\circ$  ist.
3. Dauermagnet nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelmagnete (8) und (9) schräg zur Vorzugsrichtung in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  aus einem Rohling geschnitten werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

FIGUR 1



FIGUR 2

